

# Efektivitas Partikel Nano dalam Pencegahan Karies

Machmud al Husyaerry, Arlette Suzy Setiawan

Departemen Kedokteran Gigi Anak, Fakultas Kedokteran Gigi, Universitas Padjadjaran

## ABSTRAK

**Pendahuluan:** Kedokteran gigi modern berfokus pada pencegahan karies sedini mungkin dibandingkan intervensi restorasi yang invasif. Proses karies dimulai dari pembentukan biofilm yang diikuti demineralisasi dan remineralisasi yang simultan dan dinamis pada permukaan gigi, melalui proses pelepasan dan kembalinya kalsium dan fosfat ke permukaan email. Proses demineralisasi berupa defek nanoskopik pada email dapat ditutup oleh partikel nano, dengan kata lain partikel nano merupakan pembawa ion-ion remineralisasi yang memiliki afinitas tinggi terhadap pelikel, sehingga supersaturasi pada pelikel atau permukaan gigi dapat tercapai, dan demineralisasi pun dapat dicegah.

**Tujuan:** Paparan dalam makalah ini bertujuan untuk mengetahui efektivitas partikel nano dalam pencegahan karies.

**Tinjauan Pustaka:** Partikel nano dapat diklasifikasikan sebagai partikel berukuran kurang dari 100 nm, yang telah digunakan sebagai biomaterial di kedokteran dan kedokteran gigi. Karakter fisik dan kimiawi merupakan pertimbangan utama penggunaan partikel nano yang dapat berperan sebagai biomaterial dalam remineralisasi dan potensi antimikroba.

**Pembahasan:** Teknologi partikel nano berperan di bidang kedokteran gigi pencegahan sebagai strategi efektif, terutama dalam pengendalian bakteri pada biofilm dan pencegahan karies yang berukuran submikro meter

**Kesimpulan:** Partikel nano sangat efektif dalam pencegahan karies, terutama terkait intervensi bakteri pada biofilm dan merangsang percepatan pelepasan ion-ion pada proses remineralisasi.

**Kata kunci:** partikel nano, biofilm, remineralisasi, karies

## PENDAHULUAN

Kedokteran gigi modern berfokus pada pencegahan karies sedini mungkin dibandingkan intervensi restorasi yang invasif. Penelitian terkini mengindikasikan bahwa teknologi nano memberikan strategi terbaru dalam ilmu kedokteran gigi pencegahan, terutama dalam pengendalian dan tatalaksana bakteri biofilm atau remineralisasi pada karies berukuran submikrometer. Karies disebabkan oleh bakteri biofilm pada permukaan gigi, dan proses pembentukan karies dimodulasi oleh interaksi yang kompleks antara bakteri penghasil asam dan faktor inang, termasuk gigi dan saliva.<sup>1, 2</sup> Karies adalah penyakit rongga mulut yang paling umum terjadi pada anak-anak. Sekitar lebih dari 90% populasi dunia diperkirakan akan mengalami karies, paling tidak sekali seumur hidup. Karies merupakan penyakit infeksi dengan prevalensi tertinggi pada manusia dalam segala kelompok umur karena mengenai 60-90% penduduk dunia.<sup>3</sup>

Sifat partikel nano seperti area permukaan aktif; reaksi kimia; dan aktivitas biologis, sangat berbeda

dengan partikel berukuran besar, dan partikel nano logam telah disarankan karena ukurannya serta volume permukaan yang besar. Karakteristik-karakteristik tersebut memungkinkan untuk berinteraksi lebih dekat dengan membran bakteri, sehingga menimbulkan efek antibakteri yang tidak semata-mata karena pelepasan ion logam.<sup>2,4</sup>

Makalah ini akan memaparkan mengenai efektivitas partikel nano dalam pencegahan karies, karena sifat bakterid, meningkatkan remineralisasi, sehingga menambah pengetahuan dokter gigi mengenai bahan dental terkini.

## TINJAUAN PUSTAKA

Partikel nano dapat diklasifikasikan sebagai partikel berukuran kurang dari 100 nm, yang telah digunakan sebagai biomaterial baik di kedokteran maupun kedokteran gigi.<sup>3,5</sup> Hubungan antara ukuran partikel nano dengan aktifitas antibakteri signifikan. Rentang ukuran antara 1-10 nm memperlihatkan aktivitas yang paling besar dalam membunuh bakteri dibandingkan dengan partikel yang lebih besar. Bakteri cenderung tidak resisten

### Correspondence:

Machmud al Husyaerry  
Departemen Kedokteran Gigi  
Anak, Fakultas Kedokteran  
Gigi, Universitas Padjadjaran

terhadap partikel nano logam dibandingkan dengan antibiotik spektrum luas karena logam bertindak terhadap berbagai sasaran dan banyak mutasi harus terjadi pada mikroorganisme untuk melawan aktivitas antimikroba partikel nano.<sup>3,4,6</sup>

Partikel nano dari logam (contohnya, perak dan zinc) dan polimer antimikroba telah mendapat perhatian khusus selama bertahun-tahun karena sifat antimikrobanya yang luar biasa. Efek antimikroba yang luar biasa tersebut terutama karena area permukaan yang luas sehingga menghadirkan jumlah atom yang banyak pada permukaan, membuat kontak maksimal dengan lingkungannya. Ukuran partikel yang kecil membuat penetrasi kedalam membran sel menjadi lebih mudah, dengan demikian berefek terhadap proses intraseluler yang menyebabkan reaksi dan aktivitas antibakteri yang lebih besar. Hal tersebut sangat penting karena mikroorganisme biofilm lebih tahan terhadap agen antibakteri daripada patogen planktonik dan dibutuhkan konsentrasi lebih besar untuk perawatan yang efektif. Oleh karena itu agen antibakteri yang memiliki aktivitas yang luas, dan memerhatikan dosis dan toksisitas yang relatif aman terhadap sel inang digali kembali dan ditingkatkan oleh teknologi nano.<sup>7</sup>

Perkembangan signifikan telah dicapai oleh fluor dalam mengurangi dan mengontrol karies. Fluor dapat menghambat demineralisasi dan memicu remineralisasi pada jaringan keras gigi. Tetapi keterbatasan penetrasi fluor pada plak gigi menghentikan efek hambat fluor terhadap demineralisasi pada bagian yang sulit dijangkau.<sup>7,8</sup> Bahan fungsional atau struktur dengan skala nanometer (0,1-100 nm) dapat digunakan untuk mengontrol formasi biofilm, partikel nano dapat mengirim antibiotik dan senyawa bioaktif.<sup>7</sup>

Partikel nano kalsium fosfat yang lebih larut, seperti *monocalcium phosphate* (MCPM), *dicalcium phosphate* (DCPA), *tetracalcium phosphate* (TTCP), dan *amorphous calcium phosphate* (ACP), telah dikembangkan untuk melepas ion kalsium dan fosfat, meningkatkan kandungan mineral pada lesi karies, partikel nano memiliki pelepasan ion yang lebih baik daripada partikel mikro, partikel mikro dapat melepas ion kalsium dan fosfat pada konsentrasi tinggi. ACP dengan mudah bertransformasi menjadi fase kristal seperti *octacalcium phosphate* dan apatit sebagai hasil dari pertumbuhan kristal mikro. *Nanofiller* ACP (NACP) pada komposit resin bertujuan untuk melepaskan ion kalsium dan fosfat terus-menerus kedalam rongga mulut.<sup>7,9</sup> Ion-ion kalsium dan fosfat akan berdifusi keluar dari dalam resin untuk membuat konsentrasi yang tinggi di permukaan, sehingga menstimulasi pengendapan dan deposisi kedalam struktur gigi sebagai mineral apatit.<sup>1,3,7</sup> Penggabungan kristal nano dalam pasta gigi dapat memberikan efek

antibakteri jangka panjang, dikatakan demikian karena ion mempunyai kemampuan berikatan pada saliva dan plak untuk periode yang lama.<sup>10</sup>

Penelitian toksikologi dan dinamika tubuh menyarankan bahwa silika, silikon dan kitosan relatif aman jika pemberiannya melalui mulut.<sup>6</sup> Daya hambat bakteri partikel nano (*nano silver fluoride*) lebih baik dibandingkan dengan non-partikel nano (silver diamine fluoride dan chlorhexidine), sehingga efektif terhadap *S. mutans* dalam dosis rendah, dengan demikian toksisitasnya lebih rendah terhadap sel tubuh.<sup>11,12</sup>

Teknologi nano merupakan pendekatan yang menjanjikan untuk mengembangkan generasi selanjutnya dari bahan dental, untuk tidak hanya mengganti hilangnya volume gigi seperti restorasi tradisional tetapi juga menghambat biofilm serta remineralisasi karies.<sup>9</sup>

## PEMBAHASAN

Biofilm dari bakteri dan jamur rongga mulut dapat menyebabkan beberapa penyakit di rongga mulut, termasuk karies, gingivitis, periodontitis, kandidiasis, infeksi endodontik, infeksi orthodontik, dan *peri-implantitis*. Mikroorganisme rongga mulut sangat bergantung pada kemampuan untuk melekat pada permukaan yang kemudian berkembang menjadi biofilm, suatu proses yang dipengaruhi oleh permukaan yang mendasarinya.<sup>4,6,11</sup> Plak terdiri dari rongga dan saluran yang terkadang hingga mencapai permukaan email dan dapat mempengaruhi transfer partikel nano kedalam biofilm.

Pertimbangan utama penggunaan partikel nano adalah karakter fisik dan kimianya, diantaranya muatan permukaan dan derajat hidrofobitasnya, luas permukaan dan kemampuan partikel untuk diserap permukaan biofilm. Partikel nano berpotensi untuk digunakan karena dapat mengubah muatan permukaan, hidrofobitas, dan sifat fisik serta kimia biofilm.<sup>6,14</sup> Ketebalan kristal email orang dewasa sebesar  $26,3 \pm 2,2$  nm, lebar  $68,3 \pm 13,4$  nm, dan panjang antara 100 – 1000 nm. Pendekatan biomimetik untuk remineralisasi pada lesi awal karies berukuran submikrometer adalah dengan partikel hidroksi apatit (HA) berukuran nano. Data in vitro mengindikasikan perbaikan pada permukaan email dapat ditingkatkan jika dimensi apatit beradaptasi dengan defek berukuran nano pada demineralisasi akibat erosi. HA berukuran 20 nm sangat pas pada defek berukuran nano akibat erosi oleh asam. Partikel nano HA diabsorpsi kedalam permukaan email yang teretsa pada kondisi in vitro, dan menghentikan demineralisasi yang lebih parah. Oleh karena itu penggunaan partikel nano dapat memperbaiki dan mencegah lesi awal erosi oleh asam.<sup>15</sup>

## SIMPULAN

Efektivitas partikel nano dalam pencegahan karies karena kemampuan partikel nano dalam menghambat biofilm dan meningkatkan remineralisasi. Kelebihan partikel nano disebabkan partikel nano memiliki ukuran yang lebih kecil dan area permukaan yang luas sehingga dalam aplikasinya tidak memerlukan konsentrasi yang besar, biokompatibilitasnya baik serta toksisitas yang rendah.

## DAFTAR PUSTAKA

1. Mirsasaani SS, Hemati M, Tavasoli T, Dehkord ES, Yazdi GT, Poshtiri DA. Nanotechnology and Nanobiomaterials in Dentistry [Internet]. Nanobiomaterials in Clinical Dentistry. Elsevier Inc.; 2012. 17-33 p. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/B978-1-4557-3127-5.00002-7>
2. Bala WA, Benitha VS, Jeyasubramanian K, Hikku GS, Sankar P, Kumar SV. Investigation of anti-bacterial activity and cytotoxicity of calcium fluoride nanoparticles. J Fluor Chem [Internet]. 2017;193:38–44. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jfluchem.2016.11.014>
3. Chong C. Review of Approaches to Caries Treatment. 2016;
4. Allaker RP. Chapter 10. Nanoparticles and the Control of Oral Biofilms. Nanobiomaterials in Clinical Dentistry. Elsevier Inc.; 2013. 203-227 p. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/B978-1-4557-3127-5.00010-6>
5. Barbosa DB, Monteiro DR, Takamyia AS, Camargo ER, Agostinho AM, Delbem ACB, et al. Silver and Phosphate Nanoparticles: Antimicrobial Approach and Caries Prevention Application [Internet]. Nanobiomaterials in Clinical Dentistry. Elsevier Inc.; 2012. 187-202 p. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/B978-1-4557-3127-5.00009-X>
6. Allaker RP, Memarzadeh K. Nanoparticles and the control of oral infections. Int J Antimicrob Agents 2014;43(2):95–104. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijantimicag.2013.11.002>
7. Chalovich JM, Eisenberg E. Nanotechnology-based restorative materials for dental caries management. Biophys Chem. 2015;257(5):2432–7.
8. Hegazy SA, Salama RI. Antiplatelet and remineralizing effects of Biorepair mouthwash: A comparative clinical trial. Pediatr Dent J [Internet]. 2016;1–6. Available from: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0917239416300453>
9. Melo MAS, Weir MD, Chow LC, Xu HHK. Development of bioactive dental nanomaterials for anticaries therapy. :3–4.
10. Tschoppe P, Zandim DL, Martus P, Kielbassa AM. Enamel and dentine remineralization by nano-hydroxyapatite toothpastes. J Dent [Internet]. 2011;39(6):430–7. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jdent.2011.03.008>
11. Targino AGR, Flores MAP, Dos Santos VE, De Godoy Ben?? Bezerra F, De Luna Freire H, Galembeck A, et al. An innovative approach to treating dental decay in children. A new anti-caries agent. J Mater Sci Mater Med. 2014;25(8):2041–7.
12. Dos Santos VE, Filho AV, Ribeiro Targino AG, Pelagio Flores MA, Galembeck A, Caldas AF, et al. A new “silver-Bullet” to treat caries in children - Nano Silver Fluoride: A randomised clinical trial. J Dent. 2014;42(8):945–51.
13. André CB, Gomes BPFA, Duque TM, Rosalen PL, Chan DCN, Ambrosano GMB, et al. Antimicrobial activity, effects on Streptococcus mutans biofilm and interfacial bonding of adhesive systems with and without antibacterial agent. Int J Adhes Adhes [Internet]. 2017;72:123–9. Available from: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S014374961630207X>
14. Nel AE, Mädler L, Velegol D, Xia T, Hoek EM V, Somasundaran P, et al. Understanding biophysicochemical interactions at the nano-bio interface. Nat Mater [Internet]. 2009;8(7):543–57. Available from: <http://dx.doi.org/10.1038/nmat2442>
15. Hannig M, Hannig C. Nanomaterials in preventive dentistry. Nat Nanotechnol [Internet]. 2010;5(8):565–9. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20581832>